



Optimisation des performances en service de nouveaux matériaux magnétocaloriques

EMC = Effet MagnétoCalorique

Résumé du projet

La plupart des démonstrateurs de réfrigération magnétique utilisent les propriétés magnétocaloriques du gadolinium (Gd). Toutefois, à cause de son prix élevé et des quantités disponibles limitées sur le long terme pour le marché de la réfrigération, il est nécessaire de s'affranchir du gadolinium. En effet, cet élément appartient à la famille chimique des terres rares; il est donc assez cher, et 80 % du Gd utilisé dans le Monde vient de Chine, ce qui engendre une dépendance économique pouvant nuire à son succès industriel. De plus cet élément s'oxyde facilement, et son application dans le domaine de la réfrigération magnétique est limitée autour de la température ambiante. Afin de remplacer le gadolinium dans les systèmes de réfrigération, un effet magnétocalorique géant a été découvert récemment dans diverses familles de matériaux magnétiques.

Dans le cadre de ce projet, nous avons cherché à caractériser le comportement de ces nouveaux matériaux magnétocaloriques candidats au remplacement du gadolinium.

Valorisation

Parmi les candidats étudiés (soit un alliage Gd85Tb15, deux échantillons $\text{LaFe}_{11.1}\text{Co}_{0.8}\text{Si}_{1.1}$ et $\text{LaFe}_{11.0}\text{Co}_{0.9}\text{Si}_{1.1}$, une poudre $\text{LaFe}_{11.57}\text{Si}_{1.43}\text{H}_{0.89}$, et un échantillon type manganite $\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.28}\text{Sr}_{0.05}\text{MnO}_3$), aucun n'égale ou dépasse les performances magnétocaloriques du Gd.

D'autre part, la fabrication de pièces d'échangeurs avec ces nouveaux matériaux est loin d'être toujours facile.

Les seuls avantages de ces nouveaux matériaux sont leur prix moins élevé (sauf les alliages GdTb), et la possibilité en jouant sur leur stœchiométrie d'ajuster leur température de Curie, donc leur température de travail.

Certains résultats obtenus ont tout de même pu être intégrés dans la réalisation de systèmes de réfrigération magnétiques à l'IGT. L'alliage GdTb a notamment permis d'augmenter notablement le span (écart de température entre source chaude et source froide). Les échantillons $\text{LaFe}_{11.1}\text{Co}_{0.8}\text{Si}_{1.1}$, et $\text{LaFe}_{11.0}\text{Co}_{0.9}\text{Si}_{1.1}$ donnent des EMC de 3.1 °C pour 2 T pour le premier échantillon ($T_{\text{Curie}} = 10$ °C), et de 2.5 °C pour le deuxième ($T_{\text{Curie}} = 24$ °C), alors qu'on a 4.0 °C à 20 °C pour le Gd pur ! Le taux de corrosion de ces deux composés dans des solutions d'eau additionnée de Noxal® (entre 1 et 6 %) est pratiquement nul. Une poudre $\text{LaFe}_{11.57}\text{Si}_{1.43}\text{H}_{0.89}$ fournie par McPhy (La Motte-Fanjas – France), présentant seulement 80 % de phase magnétocalorique, nous a donné un EMC de 1.6 °C pour 2 T, avec une température de Curie de 20 °C. Toutefois, le gros défaut de ces composés est qu'il n'est pas possible de fritter la poudre, car il y a alors relargage d'hydrogène et modification des propriétés magnétiques. Nous envisageons dans un futur projet d'incorporer ces poudres dans une matrice organique pour obtenir un matériau composite magnétocalorique.

Contact / Prof. Jacques Forchelet (jacques.forchelet@heig-vd.ch)

Ce projet a été mené en collaboration entre la HEIG-VD, la HE-ARC, et la HES-SO//VS